

Diseño e implementación de rúbricas como instrumento de evaluación del curso de Química General e inorgánica para estudiantes de ingeniería

✉ PEDRONEL ARAQUE-MARÍN¹
SANDRA ADELA TORIJANO-GUTIÉRREZ¹
NICOLÁS ARANGO-LONDOÑO¹

Artículo en prensa / Article in press

Resumen

La evaluación no puede limitarse a una prueba centrada en la repetición de contenidos que pretende valorar el grado de aprendizaje de los estudiantes, la evaluación debe brindar otro horizonte con relación a la calificación tradicional, es decir debe ser una herramienta válida para el proceso de enseñanza-aprendizaje. En el presente trabajo se propuso un diseño de rúbrica como instrumento de evaluación para la asignatura de Química General e Inorgánica de la Universidad EIA. La rúbrica basada en objetivos de aprendizaje, aspectos a valorar, descriptores, escala de calificación y criterios, fue implementada durante los periodos académicos 2015-2 y 2016-1, la propuesta facilitó la calificación de desempeño de los estudiantes de primer semestre de ingeniería, no solo sobre lo que aprendieron, sino también de cómo aprendieron y las competencias desarrolladas en el proceso evidenciando diferencias estadísticamente significativa (p -valor $< 0,05$) en el número de estudiantes que aprobaron la asignatura.

Palabras claves: Rúbrica; Evaluación; Química General; Química Inorgánica; Enseñanza-aprendizaje; Ingeniería

Design and implementation of rubrics as an instrument for the evaluation of General and Inorganic Chemistry course for engineering students

Abstract

The assessment can not be limited to a test focused on the repetition of content that aims to assess the degree of student learning, assessment should provide another horizon in relation to the traditional rating, ie must be a valid tool

¹ Universidad EIA, Envigado, Colombia.



Autor de correspondencia: Araque Marín, P. (Pedronel):
Universidad EIA, Sede de Las Palmas: Km 2 + 200 Vía al
Aeropuerto José María Córdova, Envigado, Colombia. Código
Postal: 055428. Teléfono: (574) 3549090 Opción 1, Ext.
234. Correo electrónico: pedronel.araque@eia.edu.co

Historia del artículo:

Artículo recibido: 17-1-2017/ Aprobado: 16-1-2019
Disponible online: 3 de febrero de 2019
Discusión abierta hasta octubre de 2020

for teaching-learning process. In this paper we design a proposal as an evaluation tool for the subject of General and Inorganic Chemistry of the University EIA. the rubric based on learning objectives, aspects to be evaluated, descriptors, criteria and rating scale, was implemented during the 2015-2 and 2016-1 academic year; the proposal facilitated the performance rating of freshmen engineering, not only about what they learned, but also how they learned and skills developed in the process demonstrating statistically significant difference (p-value <0.05) in the number of students who passed the course.

Keywords: Rubric; Evaluation; General Chemistry; Inorganic Chemistry; Teaching-learning; Engineering

Concepção e implementação de rubricas como instrumento de avaliação do curso de Química Geral e Inorgânica para estudantes de engenharia

Resumo

A avaliação não pode ser limitado a um teste centrou-se na repetição de conteúdo que visa avaliar o grau de aprendizagem dos alunos, a avaliação deve fornecer outro horizonte em relação à classificação tradicional, ou seja, deve ser um instrumento válido para o processo de ensino -Learning. Neste projeto seção de papel proposto como uma ferramenta de avaliação para o objecto de Geral e Inorgânica da Universidade EIA. A posição baseada em objetivos de aprendizagem, aspectos a serem avaliados, descritores, critérios e escala de classificação, foi implementado durante o ano lectivo 2015-2 e 2016-1, a proposta facilitou a classificação da engenharia calouros desempenho, não só sobre o que aprenderam, mas também como eles aprenderam e habilidades desenvolvidas no processo demonstrando diferença estatisticamente significativa (p <0,05) no número de alunos que passaram o curso.

Palavras-chave: Rubrica; Avaliação; Química Geral; Química Inorgânica; Ensino-aprendizagem; Engenharia.

1. Introducción

La química es una ciencia experimental que transforma tanto sustancias como su propio lenguaje químico. Un lenguaje que es vital en los procesos de enseñanza-aprendizaje, especialmente para nombrar los objetos de estudio “sustancias” proporcionando un vocabulario conceptual acerca de las leyes, modelos y teorías que rigen el comportamiento de elementos, sustancias simples y sustancias compuestas (Jacob, 2001). El aprendizaje de la química no se produce de manera repentina, sino que se trata de un proceso que toma tiempo, dado que se promueve con mayor facilidad en la medida que el estudiante tenga encuentros con situaciones

y contenidos similares de los que puede abstraer conceptos; por eso, el tiempo es un factor de gran importancia a la hora de planificar y desarrollar las actividades pertinentes (Araque, 2013). Entre los procesos de enseñanza-aprendizaje de la química es importante realizar tres reflexiones: la primera consiste en conocer cómo tiene estructurado el estudiante los conocimientos del tema, para planearle la construcción de conceptos adecuados con el fin de correlacionar su saber existente en la estructura cognitiva con los nuevos conocimientos aportados por las actividades propuestas en el aula de clase; la segunda consiste en proporcionar un verdadero aprendizaje significativo porque desconocerlo nos induce a entregar información inadecuada a los

estudiantes suponiendo que “lo deben saber”, pero sólo están copiando la información para memorizarla, reproducirla y finalmente olvidarla y la tercera tiene que ver con el proceso de evaluación formativa que facilite la valoración del desempeño de los estudiantes incrementando la objetividad de un área que ha sido considerada subjetiva y compleja.

La rúbrica se puede considerar como un conjunto de características de una prueba constituida por tareas (Bachman, Palmer, 1996), además se ha definido como un instrumento de evaluación (Mansoor, Grant, 2002) que especifica el desempeño esperado y los diversos niveles de competencia a los que los estudiantes pueden llegar en el desarrollo de una habilidad. Es considerada también para tareas evaluativas auténticas. El desarrollo de prácticas evaluativas justas y que sean además transparentes, siguiendo principios democráticos, es decir participativos e incluyentes; estos principios se volverían indispensables en los lineamientos a seguir en el diseño de procedimientos de un sistema de evaluación que garantice un impacto positivo en los procesos de enseñanza-aprendizaje, el cual se puede traducir en una evaluación para el aprendizaje y debe ser el principal objetivo que guíe todo evento evaluativo en el aula (Picón, 2013), esta metamorfosis trae modificaciones en el proceso de evaluación considerando que la evaluación no puede limitarse a un solo tipo de prueba centrada en la repetición de contenidos y que pretenda solo alcanzar una calificación (Cano, 2008). Un instrumento de evaluación basado en una escala cualitativa y/o cuantitativa asociada a criterios que puedan medir las acciones de los estudiantes sobre los aspectos de las actividades que serán evaluadas (Torres, Perera, 2010) y desde estos criterios, poder juzgar, valorar, calificar y conceptualizar sobre un determinado aspecto del proceso, existiendo una conexión entre la enseñanza y la evaluación, es decir debe existir una concordancia entre lo que se está enseñando y lo que se está midiendo (Williams, 2003). La escala holística presenta una descripción general de los diferentes niveles de logro esperado en el desempeño de los

estudiantes respecto a una tarea determinada. La escala analítica describe cada uno de los elementos del marco definido como constructo para cada nivel de logro de la escala, siendo estas más efectivas en procesos de evaluación en el aula dado que posibilita una realimentación detallada, descriptiva y dialógica entre el profesor y el estudiante (Gipps, 1999).

En el presente artículo se diseñó e implementó una rúbrica del tipo analítica como instrumento de evaluación del curso de Química General e Inorgánica, del primer semestre de los programas de ingeniería de la universidad EIA. La experiencia nos proporcionó elementos necesarios para elaborar descripciones más detalladas a medida que se familiarizó con los diferentes niveles de desempeño de los estudiantes con el fin de aumentar la tasa de aprobación de la asignatura.

2. Metodología

El diseño e implementación de la rúbrica se desarrolló en cuatro fases como se plantean a continuación:

Fase de preparación de la estrategia docente

Se revisaron detalladamente contenidos del curso de Química General e Inorgánica con el fin de definir unos objetivos de aprendizaje apropiados y de esta forma identificar los criterios de evaluación y/o cualidades específicas observables en el proceso realizado por los estudiantes, estableciendo diferentes niveles y asignar un porcentaje de la calificación final (Malini, Andrade, 2010).

Fase de diseño de la rúbrica

Con el fin de evaluar el desempeño del estudiante y de esta forma desglosar sus componentes para obtener una calificación total, se utilizó una rúbrica tipo analítica (Gatica, Urribarren, 2013), dado que esta puede utilizarse para determinar el estado del desempeño, debilidades y permite que los estudiantes conozcan lo que requieren para mejorar (Shipman et al., 2012). Las rúbricas fueron diseñadas para el

examen parcial y final de la asignatura Química General e Inorgánica, dado que el examen parcial contiene el 50% del curso y el examen final el 50% restante.

Fase de construcción de las rúbricas

Para la construcción de la rúbrica examen parcial se tuvieron en cuenta los siguientes contenidos: balanceo de ecuaciones, nomenclatura inorgánica, estequiometría y fórmula molecular. Para la rúbrica examen final se plantearon los contenidos: equilibrio químico no acuoso, equilibrio químico acuoso y electroquímica.

TABLA 1. NÚMERO DE ESTUDIANTES POR PROGRAMA DE INGENIERÍA

| Programa de Ingeniería | Número de estudiantes | |
|------------------------|-----------------------|---------------|
| | 2014-2/2015-1 | 2015-2/2016-1 |
| Administrativa | 44 | 33 |
| Ambiental | 9 | 9 |
| Biomédica | 32 | 32 |
| Civil | 26 | 34 |
| Sistemas y Computación | 6 | 14 |
| Financiera | 7 | 11 |
| Geológica | 11 | 8 |
| Industrial | 19 | 16 |
| Mecánica | 13 | 7 |
| Mecatrónica | 22 | 32 |
| Total | 189 | 196 |

Fase de Implementación

Las rúbricas fueron implementadas durante los periodos académicos 2014-2/2015-1 y 2015-2/2016-1 en la **Tabla 1** se detallan el número de estudiantes por programa de ingeniería donde se aplicó el estudio. Se propuso como exámenes parcial y final una actividad de modo escrito y de forma individual en el curso de Química General e Inorgánica del primer semestre de ingeniería de la universidad EIA. Se consideraron en total 385 divididos en 12 grupos, cada grupo con aproximadamente 32

estudiantes y una distribución por género de 63% hombres y 37% mujeres.

Fase de seguimiento y análisis

Se compararon las notas alcanzadas por los estudiantes con las dos formas de evaluar, la implementación de la rúbrica “nueva propuesta” con 196 estudiantes entre los periodos 2015-2 y 2016-1 y la calificación tradicional “clásica” con 189 estudiantes entre los periodos 2014-2 y 2015-1, generando el factor EVALUACIÓN con dos niveles. Los resultados se analizaron con el software STATGRAPHICS Centurion XVI versión 16.2.04.

3. Resultados y Discusión

Objetivos de aprendizaje y criterios de evaluación

Teniendo en cuenta el 50% inicial de los contenidos del curso se lograron definir y resumir en las **Tablas 2, 3 y 4** los objetivos de aprendizaje con sus respectivos criterios, para el diseño de la rúbrica como instrumento de evaluación, en la **Tabla 2** se indican los elementos para el tema de ecuaciones químicas y nomenclatura inorgánica; en la **Tabla 3** los elementos para el tema de estequiometría y en la **Tabla 4** los elementos para el tema de fórmulas mínima y/o molecular.

Elementos para la rúbrica de examen final

Teniendo en cuenta el 50% restante de los contenidos del curso, se lograron definir los objetivos de aprendizaje con sus respectivos criterios, en la **Tabla 5** se resumen los elementos como objetivos de aprendizaje y criterios necesarios para el diseño de la rúbrica como instrumento de evaluación de los temas equilibrio químico no acuoso; en la **Tabla 6** los elementos para el tema de equilibrio químico acuoso y en la **Tabla 7** los elementos para el tema de electroquímica.

TABLA 2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA LOS TEMAS BALANCEO DE ECUACIONES QUÍMICAS Y NOMENCLATURA INORGÁNICA

| OBJETIVOS DE APRENDIZAJE | CRITERIOS |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proponer la estructura y el nombre de las sustancias empleadas en una reacción química. | Interpreta adecuadamente el nombre de las sustancias inorgánicas. |
| Establecer la conservación de elementos en una ecuación química. | Asigna correctamente los coeficientes estequiométricos, a partir de los números de oxidación. |
| Establecer ecuaciones químicas a partir de la información de productos y reactivos. | Escribe correctamente las relaciones estequiométricas. |
| Identificar en una reacción química de óxido-reducción (Redox), la sustancia oxidante y la sustancia reductora. | Interpreta adecuadamente la sustancia que se oxida y la sustancia que se reduce. |

TABLA 3. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA EL TEMA DE ESTEQUIOMETRIA

| OBJETIVOS DE APRENDIZAJE | CRITERIOS |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Identificar las cantidades de una sustancia en mezcla sólidas y acuosas a través del manejo de diferentes unidades de concentración. | Interpreta adecuadamente la densidad y la molaridad como unidad de concentración. |
| Establecer las relaciones estequiométricas entre sustancias que reaccionan o que se producen, considerando relaciones molares para identificar reactivo límite y rendimientos de reacción. | Identifica el reactivo límite y la función que cumple para la determinación de la cantidad de sustancia que se produce y/o sustancia en exceso en las reacciones químicas. |
| Identificar cantidades de sustancias gaseosas que satisfacen comportamiento ideal. | Determina la cantidad de sustancia de un gas ideal para establecer relaciones estequiométricas entre productos y reactivos. |

TABLA 4. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA EL TEMA DE FÓRMULA QUÍMICA

| OBJETIVOS DE APRENDIZAJE | CRITERIOS |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Identificar las sustancias simples y/o compuestas como fuente de los elementos químicos. | Determina la cantidad de elemento en una sustancia simple y/o sustancia compuesta. |
| Aplicar la Ley de conservación de la masa. | Determina la cantidad de un elemento después de una transformación química. |
| Determinar la fórmula mínima y/o molecular de una sustancia compuesta. | Establece la relación entre las moles de los elementos para determinación de la fórmula molecular de una sustancia. |

TABLA 5. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA EL TEMA DE EQUILIBRIO QUÍMICO NO ACUOSO

| OBJETIVOS DE APRENDIZAJE | CRITERIOS |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diferenciar entre equilibrio heterogéneo y homogéneo para determinar la constante de equilibrio. | Plantea el equilibrio químico identificando condiciones: iniciales, de reacción y de equilibrio. |
| Identificar la espontaneidad de un sistema en equilibrio a partir de energía libre de Gibbs. | Establece la relación de espontaneidad con la energía libre de Gibbs ΔG° y a su vez con la constante de equilibrio K_p . |
| Reconocer el principio de Le Chatelier como un principio de perturbación de un sistema en equilibrio. | Identifica las condiciones de perturbación al momento de calcular las condiciones del nuevo equilibrio. |

TABLA 6. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA EL TEMA DE EQUILIBRIO QUÍMICO ACUOSO

| OBJETIVOS DE APRENDIZAJE | CRITERIOS |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Determinar el pH de la solución resultante a partir de la constante de equilibrio de una base y/o un ácido débil. | Plantea las ecuaciones de equilibrio y determina el pH de la solución. |
| Identificar una solución buffer formada por neutralización de un ácido y/o base débil. | Reconoce la ecuación Henderson-Hasselbalch, como una derivación de la ecuación de equilibrio de sistemas débiles para el cálculo de pH. |
| Identificar una solución buffer formada por adición de ácido o base conjugada (ion común) a un ácido y/o base débil. | Determina la cantidad en gramos necesarios de la base y/o el ácido conjugado para la formación de una solución buffer. |

TABLA 7. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA EL TEMA DE ELECTROQUÍMICA

| OBJETIVOS DE APRENDIZAJE | CRITERIOS |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Escribir las semirreacciones de una reacción Redox y sus respectivos potenciales de reducción. | Plantea la semirreacción del ánodo y la del cátodo para construir una celda electroquímica |
| Calcular el potencial de la celda a condiciones no estándar empleando la ecuación de Nernst. | Identifica celdas en condiciones estándar y no estándar para determinar su potencial. |
| Identificar la relación entre el trabajo y el número de electrones aplicando la ley de Faraday. | Relaciona el trabajo con la ley de Faraday para determinar la masa en gramos de una sustancia que se produce. |

Niveles de desempeño

Para el balanceo de ecuaciones químicas y nomenclatura inorgánica se consideraron dos niveles de desempeño a los cuales se les asignó un porcentaje de 0% para el menor y 100% para el mayor. Generalmente dos niveles son considerados como “Correcto” e “Incorrecto” (Mertler, 2001). La consideración de solo dos niveles se basa en el hecho de que en química los coeficientes estequiométricos asignados a una ecuación química tipo redox son únicos y en las

sustancias químicas solo se pueden clasificar por su nombre y este debe ser correcto (**Tabla 8**).

Para el resto de los temas trabajados en el examen parcial y final se consideraron cinco niveles de desempeño teniendo en cuenta “Correcto” e “Incorrecto” y se completó después con la redacción de los niveles intermedios. En la **Tabla 9** se detallan los niveles de desempeño para el criterio: **Determinar la cantidad en gramos de un producto en una reacción química.**

TABLA 8. NIVELES DE DESEMPEÑO PARA LOS TEMAS BALANCEO DE ECUACIONES QUÍMICAS Y NOMENCLATURA INORGÁNICA

| NIVELES DE DESEMPEÑO | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0% | 100% |
| Escribe inadecuadamente la estructura de una sustancia, presentando deficiencias en el uso de la nomenclatura inorgánica. | Escribe adecuadamente la estructura química de una sustancia utilizando correctamente las nomenclaturas: sistemática, stock y tradicional. |
| Plantea de forma inadecuada una ecuación química. | Escribe correctamente una ecuación química, identificando reactivos y productos. |

TABLA 9. NIVELES DE DESEMPEÑO PARA EL CRITERIO DEL TEMA ESTEQUIOMETRÍA

| NIVELES DE DESEMPEÑO | | | | |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| No desarrolla ningún cálculo ni análisis | No tiene claridad con el orden de aplicación de los conceptos densidad y pureza. | Aplica adecuadamente el concepto de pureza, pero no tiene claridad con la determinación de la masa de los reactivos puros. | Aplica adecuadamente el concepto densidad y pureza para el cálculo de los reactivos, pero no muestra claridad sobre el procedimiento para identificar el reactivo límite. | Demuestra completamente el uso de los conceptos de densidad y pureza en las soluciones acuosas, presentando claridad conceptual sobre el procedimiento para identificar el reactivo límite. |

TABLA 10. RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO: RECONOCE LA NOMENCLATURA INORGÁNICA PARA PLANTEAR LA ESTRUCTURA QUÍMICA DE SUSTANCIAS A PARTIR DEL NOMBRE

| Dimensiones | Niveles de desempeño | |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 0% | 100% |
| Propone la estructura química de una sustancia a partir del nombre. | Escribe inadecuadamente la estructura de una sustancia, presentando deficiencias en el uso de la nomenclatura inorgánica. | Escribe adecuadamente la estructura química de una sustancia utilizando las correctamente las nomenclaturas: sistemática, tradicional y stock. |
| Plantea adecuadamente una ecuación química. | Plantea de forma inadecuada una ecuación química. | Escribe correctamente una ecuación química, identificando reactivos y productos. |

Construcción de las rúbricas

Respecto a los objetivos de aprendizaje planteados a continuación se detallan los ejercicios utilizados para la construcción de las rúbricas.

Nomenclatura inorgánica

Plantear la ecuación química no balanceada de la reacción entre permanganato de cromo (II), sulfuro de hierro (III) y bicarbonato de potasio para producir: cromato ácido de potasio, monóxido de manganeso, sulfato ácido de potasio, óxido ferroso y anhídrido carbónico.

En la **Tabla 10** se detallan las dimensiones y los niveles de desempeño para evaluar el ejercicio de nomenclatura inorgánica.

Estequiometría

Para la siguiente reacción: $3\text{Cu}_{(s)} + 8\text{HNO}_{3(ac)} \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_{2(ac)} + 2\text{NO}_{(g)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$. Determinar la masa de nitrato de cobre (II), cuando se ponen a re-

accionar 20 g de $\text{Cu}_{(s)}$ al 95% (m/m) de pureza con 40 mL de $\text{HNO}_{3(ac)}$ del 68% (m/m) de pureza y densidad 1,120 g/mL.

En la **Tabla 11** se detallan las dimensiones y los niveles de desempeño para evaluar el ejercicio de estequiometría.

Fórmula química

El hidrato de cloral $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3\text{O}_2$ es una sustancia utilizada como hipnótico para sedar a los niños y se suministra en forma de píldora. Antes de ser suministrada, un médico toma una masa de 0,992 g de la píldora que se somete a oxidación completa, generando 0,162 g de $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ y la cantidad de $\text{CO}_{2(g)}$ con la que se puede obtener exactamente 2,368 g de $\text{BaCO}_{3(s)}$. En otro análisis, toma 0,496 g de píldora y la trata con sodio metálico produciendo 569 mL de solución de cloruro de sodio $\text{NaCl}_{(ac)}$ 0,0158 M. A partir del proceso realizado, ¿puede el médico suministrar la píldora a los pacientes?

TABLA 11. RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO: DETERMINA LA CANTIDAD EN GRAMOS DE UN PRODUCTO EN UNA REACCIÓN QUÍMICA

| Dimensiones | Niveles de desempeño | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Identifica el reactivo límite y la función que cumple para la determinación de sustancias que se producen en las reacciones químicas | No desarrolla ningún cálculo ni análisis | No tiene claridad con el orden lógico de la aplicación de los conceptos como densidad y pureza. | Aplica adecuadamente el concepto de pureza, pero no tiene claridad con la determinación de la masa de los reactivos puros. | Aplica adecuadamente el concepto densidad y pureza para el cálculo de los reactivos, pero no muestra claridad sobre el procedimiento para identificar el reactivo límite. | Demuestra completamente el uso de los conceptos de densidad y pureza en las soluciones acuosas, con un desarrollo aritmético correcto, presentando claridad conceptual sobre el procedimiento para identificar el reactivo límite. |
| Establece relaciones molares entre el reactivo límite y productos. | No desarrolla ningún cálculo ni análisis. | Muestra relaciones molares equivocadas, Sin claridad en el uso del rendimiento al momento de relacionar productos reales con respecto al producto teórico. | Establece relaciones molares adecuadamente pero con algunas imprecisiones como la determinación de la masa molar, las moles de una sustancia y el uso del rendimiento al momento de relacionar productos reales con respecto al producto teórico. | Establece relaciones molares adecuadamente con claridad sobre la determinación de las moles, pero no implementa el rendimiento para la determinación de la masa del producto. | Demuestra el dominio de las relaciones estequiométricas, utilizando el concepto de rendimiento y mol, además plantea un buen desarrollo en la determinación de la masa. |

TABLA 12. RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO: DETERMINA LA FORMULA MOLECULAR DE UNA SUSTANCIA PROBLEMA QUE ES SOMETIDA A DESCOMPOSICIÓN

| Dimensiones | Niveles de desempeño | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Identifica las sustancias compuestas: BaCO_3 , H_2O y NaCl , como fuente de Carbono, Hidrógeno y Cloro respectivamente. | No desarrolla ningún cálculo ni análisis. | No demuestra claridad en la determinación de las moles de BaCO_3 , H_2O , NaCl . Muestra relaciones molares equivocadas entre el C y el BaCO_3 , entre el H y el H_2O y el Cl y el NaCl . | Establece relaciones estequiométricas adecuadamente, pero con algunas imprecisiones en la determinación de las masas de los elementos y el uso del concepto de molaridad al momento de calcular las moles de NaCl . | Establece relaciones estequiométricas adecuadamente, aunque no relaciona la molaridad con la determinación de las moles de NaCl . | Demuestra el dominio de las relaciones estequiométricas, para determinar las moles y la masas de los elementos C, H y Cl. |
| Aplica la Ley de conservación de la masa. | No desarrolla ningún cálculo ni análisis. | No tiene claridad en el proceso de extrapolación para determinar la cantidad de un elemento en diferentes muestras y no aplica la ley de la conservación de la masa. | Presenta algunas imprecisiones en la extrapolación de la cantidad de un elemento en diferentes muestras y aplicación de la ley de conservación de la masa. | Muestra claridad sobre la extrapolación cantidades de sustancia en diferentes muestras, pero no aplica la ley de conservación de la masa para determinar la cantidad de oxígeno. | Demuestra dominio en la extrapolación cantidades de sustancia en diferentes muestras y plantea de modo adecuado la ley de conservación de la masa. |
| Determina la fórmula mínima y/o molecular. | No desarrolla ningún cálculo ni análisis. | No identifica las relaciones estequiométricas, entre elementos para la determinación de la fórmula molecular | Identifica parcialmente las relaciones estequiométricas, entre elementos, pero no tiene claridad sobre el procedimiento para determinar la fórmula molecular. | Identifica las relaciones estequiométricas, entre elementos, pero no tiene claridad sobre el procedimiento para determinar la fórmula molecular. | Demuestra el dominio de las relaciones estequiométricas, y tiene claridad sobre el procedimiento para determinar la fórmula molecular. |

En la **Tabla 12** se detallan las dimensiones y los niveles de desempeño para evaluar el ejercicio de fórmula química.

Equilibrio acuoso

Determinar el pH de la solución resultante cuando se neutralizan 100 mL de ácido nitroso 0,500 M con $\text{NaOH}_{(ac)}$ 0,100 M hasta el punto de equivalencia si a 25 °C la constante de acidez $K_a = 4,47 \times 10^{-4}$.

En la **Tabla 13** se detallan las dimensiones y los niveles de desempeño para evaluar el ejercicio de equilibrio acuoso.

Equilibrio no acuoso

Si a un recipiente de 2 L se introducen 88,11 g de $\text{NH}_4\text{CN}_{(s)}$ a 298,15 K y cuando la reacción $\text{NH}_4\text{CN}_{(s)} \leftrightarrow \text{NH}_3(g) + \text{HCN}_{(g)}$ alcanza el equilibrio, la presión total del sistema es de 1 atm. Calcular las presiones

parciales de las sustancias en el nuevo equilibrio, si al recipiente en equilibrio se le retira $\text{HCN}_{(g)}$ hasta reducir a la mitad su presión, manteniendo la temperatura constante.

En la **Tabla 14** se detallan las dimensiones y los niveles de desempeño para evaluar el ejercicio de equilibrio no acuoso.

Electroquímica

Una celda electroquímica galvánica para la producción de oro está compuesta por un ánodo de platino en medio básico y un cátodo de oro. Encontrar el potencial de la celda a 25 °C, si las concentraciones de $\text{SO}_4^{2-}_{(ac)}$, $\text{SO}_3^{2-}_{(ac)}$, $\text{OH}^-_{(ac)}$, $\text{AuCl}_4^-_{(ac)}$, $\text{Cl}^-_{(ac)}$ son 0,100 M; 0,100 M; 1×10^{-4} M; 0,1 M y 0,4 M respectivamente.

En la **Tabla 15** se detallan la dimensión y los niveles de desempeño para evaluar el ejercicio de electroquímica.

TABLA 13. RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO: DETERMINA EL PH DE UNA SOLUCIÓN EN EL PUNTO DE EQUIVALENCIA

| Dimensiones | Niveles de desempeño | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Identifica que en el punto de equivalencia ambos reactivos son el reactivo límite, y establece relaciones a través del manejo de unidades de concentración. | No desarrolla ningún cálculo ni análisis. | No tiene claridad con el orden lógico de la aplicación de las unidades de concentración y el concepto de reactivo límite. | Aplica adecuadamente el concepto de reactivo límite, pero no tiene claridad con la determinación de la concentración de la base conjugada. | Aplica adecuadamente el concepto de reactivo límite, pero presenta dificultad al momento de determinar la cantidad de base conjugada en el sistema. | Demuestra completamente el uso de los conceptos de reactivo límite, y unidades de concentración, presentando claridad conceptual sobre la determinación de la concentración de la base conjugada. |
| Determina el pH de la solución resultante a partir del equilibrio de la base conjugada. | No desarrolla ningún cálculo ni análisis. | Plantea el equilibrio de neutralización, pero muestra inadecuadamente el equilibrio de la base. | Establece el equilibrio de la base conjugada adecuadamente pero con algunas imprecisiones como la determinación de la constante básica K_b , la concentración de la base conjugada y el pH de la solución resultante. | Establece el equilibrio de la base conjugada, pero presenta dificultad al momento de correlacionar la información con el pH de la solución. | Demuestra el dominio para establecer el equilibrio de la base conjugada, y el pH de la solución resultante. |

TABLA 14. RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO: DETERMINA LAS PRESIONES PARCIALES DE LAS SUSTANCIAS EN EL NUEVO EQUILIBRIO

| Dimensiones | Niveles de desempeño | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Identifica el principio de LeChâtelier como un principio de perturbación cuando el sistema se encuentra en el equilibrio. | No desarrolla ningún cálculo ni análisis. | No identifica con claridad el principio de LeChâtelier. | Identifica el principio de LeChâtelier, pero con dificultades para interpretar el concepto de perturbación. | Identifica el principio de LeChâtelier pero muestra imprecisiones en la determinación de las condiciones de perturbación. | Determina con rigor las condiciones de perturbación. |
| Redefine las condiciones de la reacción para determinar las presiones en el nuevo equilibrio de las sustancias gaseosas. | No desarrolla ningún cálculo ni análisis. | Identifica inadecuadamente las condiciones iniciales y de perturbación para determinar las condiciones en el nuevo equilibrio. | Identifica las condiciones iniciales y de perturbación, pero muestra imprecisiones conceptuales sobre el sentido de desplazamiento de la reacción. | Establece las condiciones iniciales y de perturbación, además establece el desplazamiento de la reacción, pero muestra errores al momento de determinar las condiciones en el nuevo equilibrio. | Hace uso adecuado de los conceptos de equilibrio para determinar las condiciones en el nuevo equilibrio. |

TABLA 15. RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO: DETERMINA EL POTENCIAL DE LA CELDA GALVÁNICA A CONDICIONES NO ESTÁNDAR

| Dimensiones | Niveles de desempeño | | | | |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Calcula el potencial de la celda a condiciones no estándar. | No desarrolla ningún cálculo ni análisis. | Muestra imprecisiones en la interpretación de las condiciones estándar y no estándar. | Interpreta inadecuadamente las condiciones de la reacción e interpreta de modo erróneo el concepto de celda galvánica. | Identifica adecuadamente las condiciones de reacción, pero muestra imprecisiones conceptuales en el cálculo del potencial de la celda. | Determina adecuadamente el potencial de una celda galvánica a condiciones no estándar. |

Implementación de la rúbrica

La diferencia mínima significativa (LDS) de Fisher fue utilizada metodología para discriminar entre las medias con una confiabilidad del 95%, encontrando para la metodología “clásica” una diferencia estadística significativa entre los resultados del Examen parcial 2014-2/2015-1 y el Examen final 2014-2/2015-1 con medias de $2,8 \pm 0,2$ y $2,1 \pm 0,2$ respectivamente. Para los resultados de la metodología “nueva propuesta” en la cual se aplicó la rúbrica se reporta una diferencia estadística significativa entre los resultados del Examen parcial 2015-2/2016-1 y el Examen final 2015-2/2016-1 con medias de $2,9 \pm 0,2$ y $2,5 \pm 0,2$ respectivamente.

Cuando se compara la implementación de la rúbrica en el examen parcial, la prueba $t = -0,845$

para un p -valor = 0,399, indicando que no hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95% entre las medias de las dos metodologías, pero para la implementación de la rúbrica en el examen final la prueba $t = -3,455$ para un p -valor = $6,12 \times 10^{-4}$, muestra que existe diferencia estadísticamente significativa.

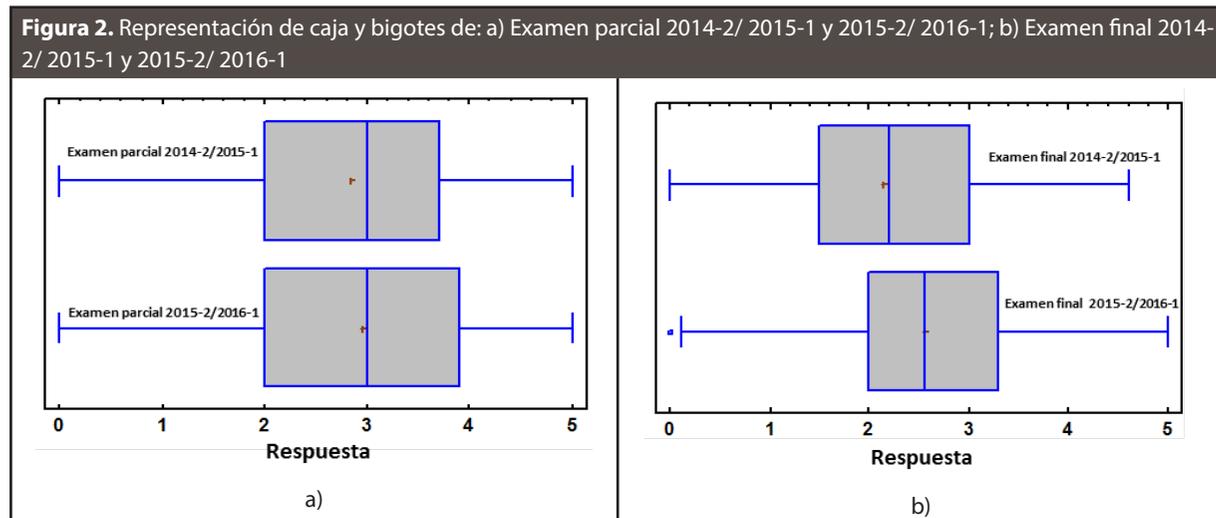
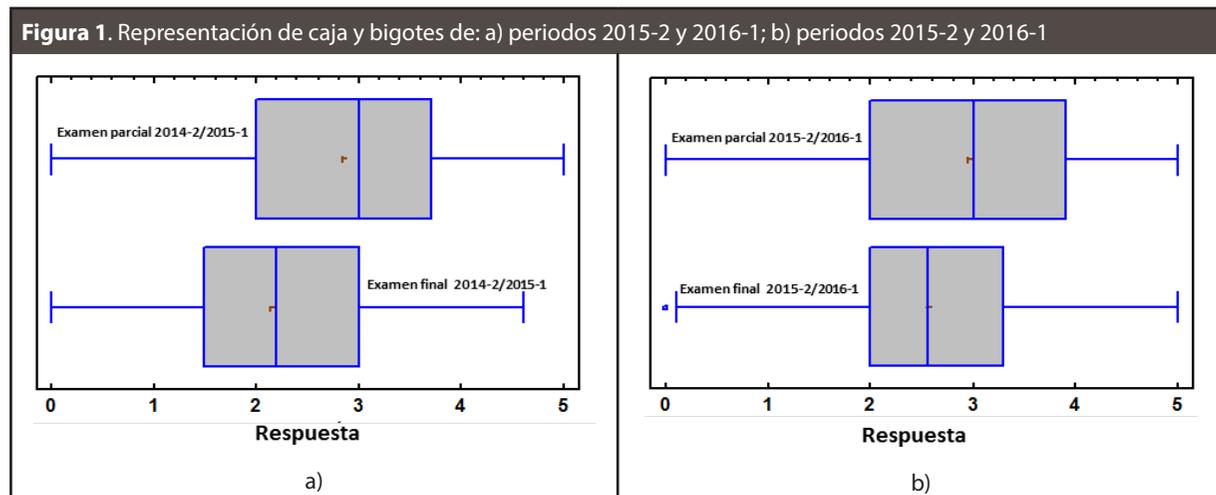
A partir de los métodos de comparación de medianas como la prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) y la prueba de Kruskal-Wallis con una confiabilidad del 95 % se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el examen parcial y el examen final para metodología “clásica” ($W = 11601$, estadístico = 34,785 y p -valor = $3,68 \times 10^{-9}$) y para la metodología “nueva propuesta” ($W = 11601$, estadístico = 9,477 p -valor = $2,08 \times 10^{-3}$).

En la **Figura 1** se representan los resultados como caja y bigotes y se comparan las metodologías “clásica” (**Figura 1a**) y “nueva propuesta” (**Figura 1b**), donde la aplicación de la rúbrica además de disminuir la distancia entre las medianas del examen parcial y final permanece constante el cuartil inferior. El valor extremo en la cola inferior del Examen final 2015-2/2016-1 corresponde a estudiantes que no realizaron el examen.

Para la metodología “clásica” y “nueva propuesta” en el examen parcial, la prueba $W = -19300$, el estadístico = 0,509 y $p\text{-valor} = 0,476$, indican que no hay diferencia estadística significativa entre las medianas, con un valor de las medianas igual a 3,0. En el examen final, la prueba $W = 22377$, el esta-

dístico = 12,500 y $p\text{-valor} = 4,08 \times 10^{-4}$ muestra una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas (clásica = 2,2; nueva propuesta = 2,6), por lo cual la aplicación de la rúbrica en el examen final mejoró los resultados de la metodología clásica.

En la **Figura 2** se observa la representación de los resultados como la caja y bigotes, para el Examen parcial 2014-2/2015-1 y el Examen parcial 2015-2/2016-1, aunque las medias son iguales, y el cuartil inferior permanece constante, el cuartil superior se encuentra más cercano a 4,0 (**Figura 2a**). Para el Examen final 2014-2/2015-1 y el Examen final 2015-2/2016-1, se presenta mejoría respecto al cuartil inferior cuando se implementó la rúbrica (**Figura 2b**).



La implementación de la rúbrica se ve reflejada en el aumento de aprobación del examen parcial y consecuentemente la asignatura como se ilustra en la **Tabla 16**, en la cual se tiene un incremento del 10%, lo que significa una aprobación de aproximadamente 20 estudiantes.

TABLA 16. COMPARACIÓN ENTRE LAS METODOLOGÍAS Y EL NÚMERO DE ESTUDIANTES QUE APRUEBAN LA ASIGNATURA

| Periodos | Porcentaje de estudiantes que aprueban | | |
|---------------|----------------------------------------|--------------|------------|
| | Examen Parcial | Examen final | Asignatura |
| 2014-2/2015-1 | 60% | 30% | 70% |
| 2015-2/2016-1 | 58% | 42% | 80% |

4. Conclusiones

El diseño de las rúbricas lograron establecer características claves para el proceso de implementación como la determinación de los factores que indicarán la calidad del trabajo de los estudiantes en términos de objetivos de aprendizaje y criterios de evaluación, proporcionando una explicación detallada de lo que el estudiante debe realizar para demostrar sus niveles de eficiencia y de esta forma alcanzar los niveles determinados en los objetivos e impulsando la construcción de un sistema de evaluaciones formativas más coherente con las actuaciones de los profesores y estudiantes.

Los estudiantes manifestaron que el proceso de realimentación de la rúbrica les permitió conocer más sobre su fortaleza y debilidades en el proceso de aprendizaje, además que las rúbricas fueron valiosas no sólo como elemento de evaluación sino como instrumento para la reflexión y la comunicación.

Aunque los resultados sobre la aprobación de la asignatura siguen siendo bajos, la implementación de instrumentos de evaluación como la rúbrica debe ser un proceso constante.

La implementación de la rúbrica como instrumento de evaluación nos llama a la reflexión sobre

trabajos futuros sobre la investigación e innovación en procesos de enseñanza-aprendizaje y su adaptación al contexto curricular, para proponer actividades en la asignatura y de esta forma potenciar el desarrollo de las competencias pensamiento sistémico, comunicativa y trabajo en equipo.

Referencias

- Araque, P., (2013). Módulo de Química Básica, Medellín, Universidad de Antioquia., pp. 13-18
- Bachman, L. F., Palmer, A. S. (1996). Language test development, Language testing in practice. 1 ed. Nueva York, Oxford University Press, pp. 83-133
- Cano, M. E., (2008). La evaluación por competencias en la educación superior. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, (3),12, pp. 1-16
- Gatica L. F., Uribarren B, T. (2013). ¿Cómo elaborar una rúbrica? *Investigación en Educación Médica*, (1),2, pp. 61-65.
- Gipps, C. (1999). Socio-cultural aspects of assessment. *Review of Research in Education*, 24, pp. 355-392.
- Jacob, C., (2001). Analysis and Synthesis, Interdependent operations in chemical language and practice, *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, (1),7, pp. 31-50
- Malini, R. Y., Andrade H. (2010). A review of rubric use in higher education. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, (4),35, pp. 435-448.
- Mansoor, I., Grant, S. (2002). A writing rubric to assess ESL student performance. *Adventures in Assessment*, 14, pp. 33-38. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 482885).
- Mertler, C. A., (2001). Designing scoring rubrics for your classroom. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, (25), 7, pp. 1-9.
- Picón E. J., (2013). La rúbrica y la justicia en la evaluación. *Íkala, revista de lenguaje y cultura* (3),18, pp. 79-94
- Shipman D., Roa M., Hooten J., (2012). Using the analytic rubric as an evaluation tool in nursing education: The positive and the negative. *Nurse Education Today* (3),32, pp 246-249
- Torres, J.J., Perera V.H., (2010). La rúbrica como instrumento pedagógico para la tutorización y evaluación de los aprendizajes en el foro online en Educación

Superior. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*,
36, pp. 141-149

Williams, J. (2003). Preparing to teach writing: Research,
theory and practice. 3 ed. *Mahwah, Lawrence Erl-
baum Associates*, pp. 297-331

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /
TO REFERENCE THIS ARTICLE /
PARA CITAR ESTE ARTIGO /**

Araque-Marín, P.; Torijano-Gutiérrez, S.A.; Arango-Londoño,
N. (2019). Diseño e implementación de rúbricas como ins-
trumento de evaluación del curso de Química General e in-
orgánica para estudiantes de ingeniería. *Revista EIA*, 16(31),
enero-junio, pp. 131-143. [Online]. Disponible en: [https://
doi.org/10.24050/reia.v16i31.1059](https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.1059)